УДК 550.84:553.7

ОБ ИСТОЧНИКАХ ВЕЩЕСТВА ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ИХ ВОДНЫХ ПОТОКОВ РАССЕЯНИЯ

Б.И. Шестаков

Амурский государственный университет, г. Благовещенск
E-mail: shestakov_b@amur.ru

На основе сопоставления разностей кларков рудовмещающих пород с кларками гранитов установлено, что в золоторудных месторождениях и их водных потоках встречаются только те элементы, для которых эта разность положительна. Высокая корреляция значений этих разностей с аномальными содержаниями элементов в рудах и водных потоках рассеяния показывает, что источником этих элементов являются вмещающие горные породы. Наличие в структуре всех изученных месторождений полей гранитизации показывает, что извлечение элементов из вмещающих пород происходит в результате их гранитизации. Предполагается, что перенос элементов осуществляется поровыми растворами, а их отложение – в результате неравновесного состояния между поровыми и гравитационными водами.

Собранные в процессе гидрогеохимических исследований в Приамурье комплексные материалы позволили выдвинуть ряд предположений, касающихся источников вещества золоторудных месторождений и их водных потоков рассеяния в Амурской области.

Удивительное сходство минерального состава каждого формационного типа золоторудных месторождений во всех золоторудных провинциях мира неизбежно заставляет предположить, что существует какой-то общий, глобальный процесс, контролирующий это явление.

Наиболее общая закономерность для золоторудных месторождений – их тесная связь с гранитоидами. Она установлена еще в средневековье (см. напр. [1]) и регулярно активно обсуждается до сих пор.

Естественно предположить, что упомянутый выше процесс следует искать именно в системе граниты – золоторудные месторождения.

Более чем 30-летние исследования рудных месторождений Приамурья дали автору большой материал, свидетельствующий о широком развитии метасоматической гранитизации в этом регионе, где площадь гранитоидов занимает более полови-

ны территории. Признаки гранитизации обнаружены вблизи практически всех изученных автором золоторудных месторождений [2], а также установлены и детально изучены другими исследователями [3–6]. Это, а также многие другие факты привели автора к мысли, что именно метасоматическая (анатектическая) гранитизация – тот глобальный фактор, который контролирует источники и условия образования золоторудных месторождений Амурской области.

Проблема эта неоднократно рассматривалась. Роль гранитизации в образовании рудных месторождений и вопросы мобилизации вещества при гранитизации подробно освещены в работах [7–14] и многих других. А.Г. Давыдченко [12. С. 134–135] даже заявляет, что метаморфогенные процессы, обусловленные гранитизацией, являются основным источником металлических компонентов коровых месторождений полезных ископаемых. Эта идея, по его мнению, получила в нашей стране наибольшее признание (по сравнению с ювенильной и магматогенной теориями об источниках рудного вещества, Б.Ш.). А.И. Белевцев [15] пишет: «Ультраметаморфизм явился мощным процессом отделения малых элементов от исходных пород и перемещения их за пределы областей гранитизации».

Главным агентом метасоматической гранитизации является, безусловно, вода [8, 15–20] и др.). В условиях метасоматической гранитизации это не просто вода, а межзерновая (поровая) вода, свойства которой резко отличаются от свойств гравитационной воды [15, 20–23]. Снова процитируем Я.Н. Белевцева [15. С. 97]: «В породах (метаморфических – Б.Ш.) рудогенные элементы находятся в легко подвижной форме ... и обогащают внутрипоровые молекулярно-пленочные растворы, что обусловило их подвижность ...». Здесь же утверждается, что «перемещение рудогенных элементов при метаморфизме во многих случаях достигает 70...75 % от первоначального содержания элементов в породе». К легко перемещаемым в процессе метаморфизма Я.Н. Белевцев [15. С. 94, график] относит Cr, V, Mn, Pb, Cu, Ni, Co, которые накапливаются в породах в рассеянном состоянии на зеленосланцевой, амфиболитовой и гранулитовой стадиях и уменьшаются в 10...16 раз в гранитах в процессе метасоматической гранитизации.

На важную роль связанной воды указывал В.И. Вернадский [24, 25]. Не исключено, что именно эту воду он имел в виду в качестве агента механизма регулирования процессов в земной коре. Для нашего исследования наиболее важна ее способность растворять колоссальные количества веществ, нужных для формирования состава рудных месторождений и их водных потоков рассеяния. Так, поровые воды, по наблюдениям П.А. Удодова и др. [21], содержат 2,7 мг/л меди, до 63 мг/л цинка, до 6,3 мг/л никеля, до 0,16 мг/л титана, до 63 мг/л марганца. Такие количества в сотни и тысячи раз превышают даже аномальные содержания этих элементов в водных потоках рассеяния золоторудных месторождений.

Некоторые особенности водных потоков рассеяния золоторудных месторождений (например, регулярное присутствие в них резко повышенных содержаний титана, ванадия, марганца, циркона и других элементов, не имеющих высоко растворимых и неустойчивых минералов в рудах) необъяснимы с точки зрения формирования водных потоков рассеяния за счет химического разрушения руд.

Таким образом, вызрело предположение, что и золоторудные месторождения, и их водные потоки рассеяния, по крайней мере, на территории Верхнего Приамурья в области тектономагматической активизации (дива) являются продуктом процесса метасоматической гранитизации.

Как пример соотношения зон процессов гранитизации и золоторудных месторождений приведем окрестности Ингаглинской интрузии в Верхне-Селемджинском золотоносном районе, на периферии которого расположены все золоторудные месторождения этого района (рисунок). В поле этого крупного массива плагиогранитов и гранодиоритов имеются более мелкие тела лейкогранитов K-Na уклона щелочности позднемелового возраста. Тела этого же комплекса обнаруживаются в пределах рудных полей Харгинского, Унгличиканского и Сагурского месторождений.

Ингаглинские граниты (γPZ_3) представлены двумя крупными массивами – Ингаглинским (400 кв. км) и Лукачекским (100 кв. км), а также несколькими мелкими телами. Большинство исследователей считает ингаглинский комлес единым батолитоподобным телом, однако Г.И. Неронский [23] выдвинул предположение о его плитообразной форме толщиной 5...6 км, погружающейся на северо-восток. У северо-западной части массива имеется множество мелких выходов этих же гранитоидов.

Местами гранитоиды, особенно в эндоконтактах, превращены в кварц-альбит-микроклиновые разности. Все породы массива повсеместно катаклазированы, амфиболизированы, хлоритизированы, эпидотизированы. Особенно часто катаклаз с бластическими изменениями проявлен в мелких телах.

В центральной и северной части массива развиты граниты, а вблизи контактов и вокруг ксенолитов вмещающих пород – гранодиориты и кварцевые диориты. Структура пород нередко порфировидная. Граниты состоят из олигоклаза, кварца, микроклина, биотита, роговой обманки и пироксена (до 15 %). В кварцевых диоритах присутствуют андезин, обросший шахматным альбитом, и моноклинный пироксен. Переходы между разновидностями пород постепенные. Остальные массивы имеют то же зональное строение и состав.

Как видно из приведенного описания, ингаглинские граниты далеки от классических интрузивных пород. Они имеют все признаки метасоматического образования – теневые структуры (пят-

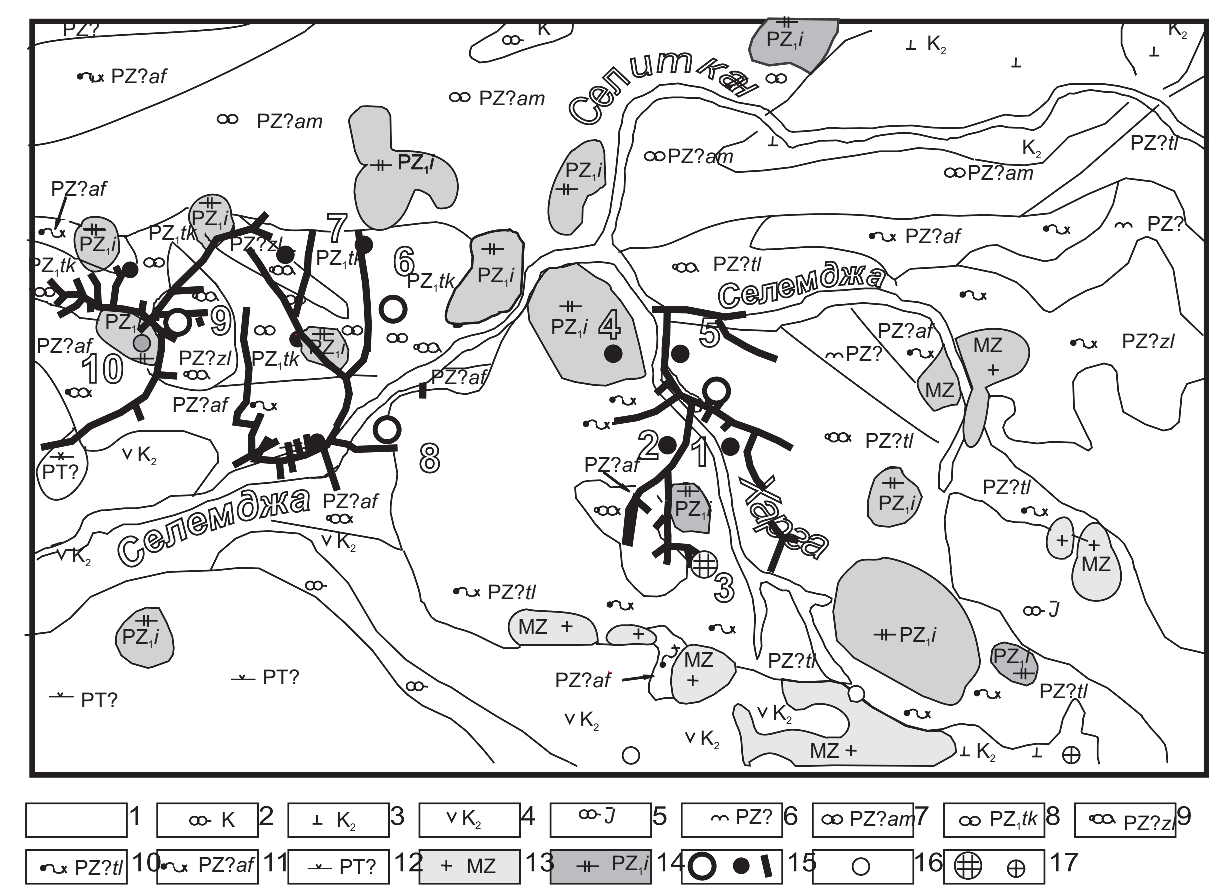


Рисунок. *Геолого-металлогеническая схема Верхнее-Селемджинского района (составлена по материалам съемочных работ). Геологическая основа – по геолого-съемочным работам. Использована статья В.А. Злобина [30]. 1) современные отложения; 2) осадочные отложения мелового возраста; 3) эффузивы и туфы кислого состава верхнемелового возраста; 4) эффузивы основного состава нижнемелового возраста; 5) песчаники и алевролиты юрского возраста; 6) фаунистически охарактеризованные песчано-слацевые толщи нижнего и среднего палеозоя; 7) амнусская и) и экимчанская свиты слабо серицитизированных песчаников, алевролитов палеозойского возраста?; 8) токурская свита филлитизированных глинистых сланцев (палеозой?); 9) златоустовская свита филлитизированных глинистых сланцев и алевролитов, метапесчаников с редкими линзами мраморизованных известняков, зеленых актинолит-клиноцоизит-хлоритальбитовых сланцев (метавулканитов); 10) талыминская свита метаморфизованных песчаников филлатизированных альбит-кварц-хлорит-слюдистых сланцев, содержащая. линзы мраморизоаванных известняков, микрокварцитов и пачки существенно амфиболовых сланцев (метавулканитов-палеозой?); 11) афанасьевская свита слюдисто-кварцальбитовых, графит-серицитовых, кварц-графит-серицитовых, кварц-серицитовых и амфиболовых сланцев (палеозой?); 12) биотитовые, биотит-гранатовые, биотит-роговообманковые гнейсы и кристаллические сланцы условно нижнепротерозойского возраста; 13) мезозойские гранитоиды: порфировидные гранодиориты и гранит-порфиры 14) нижнепалеозойские гранитоиды (гранодиориты, гранодиорит-порфиры, гранит-порфиры, плагиогранит-порфиры, кварцевые порфиры и диоритовые порфириты;) ингаглинский комплекс; 15) месторождения и проявления золотой минерализации: а) месторождения; б) рудопроявления; в) россыпи; 16) проявления оловорудной и вольфрамовой минерализации; 17) проявления сурьмяной минерализации; цифры- проявления золотой и сурьмяной минерализации: Месторождения: 1) Харгинское (Златоустовское) 2) Афанасьевское. 3) Ленинское; 4) Ингагли-Ясненское, 5) Унгличикан-Березовское, 6) Токурское, 7) Иннокентьевское, 8) Сагурское, 9) Ворошиловское*

нистая структура – Неронский [23]), базальный фронт, резко выделенные лейкосому и меланосому в очковых, порфировых и полосчатых мигматитах, амфиболово-роговообманковые реститы. О наличии гранитизации свидетельствуют также изменения во вмещающих породах – складчатые (плойчатые) мигматиты – альбит-серицитовая лейкосома и эпидот-биотит-амфиболитовая меланосома в породах афанасьевской и сагурской свит, причем эти явления развиты не по всей массе свит, а на участках, тяготеющих к ингаглинским гранитоидам и купольным структурам. В последних, как полагает Л.В. Эйриш [26]), локализованы все золоторудные месторождения региона.

Имеется и еще одно доказательство крайне постепенного, можно сказать непрерывного процесса формирования гранитоидов в истории развития Верхне-Склемджинского района. По Г.И. Неронскому [23], ингаглинские гранитоиды характеризуются следующими определениями абсолютного возраста по биотитам: 230...235; 179,5; 155 млн л. Все же определения абсолютного возраста гранитоидов района по биотитам составляют ряд: 296; 230; 190...210; 197; 179,5; 160; 155; 147; 146; 139; 139; 136; 135; 118; 102;

96. Ряд непрерывен, и статистически уловить в нем отдельные группы не удается.

Таким образом, имеется достаточно оснований утверждать, что процесс метасоматической гранитизации был достаточно широко развит. О том, что формирование золоторудных месторождений происходило за счет мобилизации и перераспределения элементов рудной минерализации во вмещающих породах, совершенно недвусмысленно пишет Л.В. Эйриш [26]. К тому же подходит и Г.И. Неронский [23]: «содержание поровой воды в Верхне-Селемджинском районе 5,78...0,11 % ... Этого количества вполне достаточно для того, чтобы были растворены и перенесены количества элементов, необходимые для накопления ... в промышленных количествах».

Как видно из рис. 1, все золоторудные месторождения и образовавшиеся за счет них россыпи располагаются в поле распространения гранитоидов, тяготея в большей степени к гранитоидам ингаглинглинского комплекса и мигматитсодержащим породам афанасьевской, златоустовской и сагурской свит. Две последние В.Ф. Зубков [27] считает возможным объединить. Эти породы и были основными поставщиками вещества для образования золоторудных месторождений и их водных потоков рассеяния.

В.А. Злобин [29] указывает также на резкую обедненность молодых гранитоидов тяжелыми металлами.

Все это свидетельствует о большой роли метасоматической гранитизации в образовании золоторудных месторождений Верхне-Селемджинского золотоносного района и их водных потоков рассеяния.

В процессе гранитизации, при переработке разнообразных исходных пород (осадочных, метаморфических, интрузивных ультраосновных, основных, средних) в граниты, мобилизуются в подвижное состояние громадные массы веществ, свойственных этим породам и не свойственных гранитам. Мобилизованные вещества поступают в межзерновые воды, накапливаются в них и переносятся в области разгрузки, в область контакта с воздухом или с гравитационными водами. Здесь в процессе разгрузки наиболее неравновесные с гравитационными водами вещества (мышьяк, сурьма, цинк, медь, висмут, никель, кобальт, серебро, золото и сама двухвалентная сера) выпадают в осадок в виде сульфидов и сульфосолей (золото – в самородном виде). Они образуют, в частности, золоторудные месторождения. Менее неравновесные – титан, марганец, железо, ванадий, хром, циркон – поступают в водные потоки рассеяния и сохраняются в них. Равновесная с гравитационными водами часть цинка, свинца, серебра, золота, сурьмы, мышьяка также сохраняется в специфическом равновесно-неравновесном состоянии в водных потоках рассеяния, выпадая в разных частях потока в виде сульфидов, сульфатов, карбонатов и самородных элементов.

Одним из доказательств значения веществ, извлекаемых из различных пород при гранитизации, является довольно резкое различие в минеральном составе золоторудных месторождений в зависимости от того, в каких породах они залегают. Крайне важно, что метасоматическая гранитизация – относительно низкотемпературный процесс. Судя по P–T диаграмме условий образования гранитов разных типов [16. С. 12], никак не отрицается возможность формирования метасоматических гранитов при атмосферных давлениях и температуре.

Как же проверить предположения о формировании золоторудных месторождений и их водных потоков рассеяния за счет процессов гранитизации? Если элементы золоторудных месторождений и их водных потоков рассеяния есть результат гранитизации, то в них должны концентрироваться элементы, составляющие положительную разность между кларками пород, подвергшихся гранитизации, и кларками гранитов (в дальнейшем ***P***). Для подтверждения этого автор вычел из кларков содержаний ультраосновных, основных и осадочных пород кларки содержаний в гранитах. В табл. 1 приводятся результаты расчета.

Таблица 1. *Положительные разности (P) средних содержаний элементов в различных изверженных и осадочных породах со средними их содержаниями в гранитах (кларки по А.П. Виноградову, [30])*

Разновидности пород							
Ультраосновные		Основные		Средние		Осадочные	
Элем.	Значение разности	Элем.	Значение разности	Элем.	Значение разности	Элем.	Значение разности
		Ag	0,05	Ag	0,02	Ag	6,5
Au	0,05	As	5				
				As	0,9	As	5,1
Co	195	Co	40	Co	5	Co	15
Cr	1750	Cr	1750	Cr	250		
		Cu	80	Cu	1,5	Cu	37
Mn	900	Mn	1400	Mn	600	Mn	70
		Mo	4			Mo	1
Ni	1099	Ni	152	Ni	47	Ni	87
						Pb	0
		Sb	740			Sb	1,74
						Sn	7
		Sr	1,4	Sr	500	Sr	150
		Ti	6,7	Ti	5700	Ti	2200
		V	160	V	6	V	9
						W	0,05
		Zn	70	Zn	660	Zn	20
				Zr	600		

Примечание: Кларки пересчитаны в г/т

Показаны только элементы, необходимые для сравнений с элементами водных потоков рассеяния (кларки пересчитаны в г/т). Из табл. 1 видна большая разница между разностями содержаний элементов в различных интрузивных и осадочных породах и их содержаниями в гранитах. Прежде всего поражают колоссальные масштабы возмож-

ного переноса элементов. Так, разность средних содержаний золота составляет в ультраосновных породах $5\cdot10^{-2}$ г/т.

Достаточно переработать в граниты всего 20 млн т ультраосновных пород, чтобы получить крупное месторождение золота.

Максимальные разности содержаний в гранитизируемых породах и содержаний в гранитах составляют (г/т): Ag – 6,50; As – 5,1; Cu – 80; Sb – 0,74; Zn – 60. Эти значения разностей элементов между собой и с разностью золота приблизительно соответствуют соотношениям их в золоторудных телах.

Для сопоставления указанных величин по каждому месторождению составлены таблицы. В первой произведено сравнение логарифмов разностей (P) со среднеарифметическим логарифмом содержаний элементов в водном потоке рассеяния ($C_в$), а во второй – с нормированным логарифмом максимальных содержаний ($C_{в\,max}$):

$$C_{в\,max}=C_в+3S,$$

где: $C_{в\,max}$ – нормированное максимальное содержание элементов в водном потоке рассеяния; $C_в$ – среднее арифметическое логарифмов содержаний элементов в водном потоке рассеяния; S – дисперсия логарифмов содержаний.

$C_в$, как показано выше, отражает содержания локального гидрогеохимического фона в районе месторождения, а $C_{в\,max}$ – аномальные содержания в водном потоке рассеяния.

Коррелируют не разности и содержания в водных потоках рассеяния, а их логарифмы в соответствии с установленным логнормальным распределением содержаний тяжелых металлов в горных породах и природных водах [2]. Систему сопоставления разностей кларков с максимальными нормированными содержаниями в водах покажем на примере Кировского месторождения.

Из сравнения таблиц видно, корреляция P со значениями средних содержаний значительно меньше, чем корреляция ее с максимальными, т.е. с избыточными содержаниями, что и следует из высказанного выше предположения.

Элементы водного потока хорошо коррелируют с избыточными относительно гранитов элементами пород (ультраосновных, основных интрузивных и осадочных). Совпадают практически все элементы (Au, Ag, As, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, V, Zn, Ti, Sb, Sn, Cr, Zr). Из них Au, Ag, As, Co, Cu, Mo, Ni, Sb встречаются в рудах в виде собственных минералов – сульфидов и сульфосолей (Au – в самородном виде). В водном потоке присутствуют в огромном большинстве случаев именно те элементы, которые избыточны во вмещающих породах по отношению к гранитам. Соотношение совпадающих с избыточными по отношению к гранитам элементов в водном потоке и несовпадающих составляет 14:2, т.е. 87,5 %.

Что же касается литофильных элементов, не образующих собственных минералов, то их тесная корреляционная связь с разностями (P) подтверждается тем, что они являются остаточными в водах потока расссеяния, т.е. не выпавшими в процессе взаимодействия поровых растворов с гравитационными. Даже в таких высоких концентрациях (фактические максимальные содержания, мкг/л: Mn – 1141; Ti – 327,6; V – 20,7; Cr – 2,9; Zr – 1,3) они находятся в равновесном состоянии с гравитационными водами. Для сравнения приведем средние содержания в водах для зоны гипергенеза [22. С. 21–22]: Mn – 49,4; Ti – 10,7; V – 1,55; Cr – 8,6; Zr – 193,2.

Таким образом, корреляция разностей P содержаний во вмещающих породах и гранитах (далее – разности) с максимальными нормированными содержаниями элементов в водах показала, что корреляционные связи элементов между собой на Кировском месторождении находятся в полном согласии с предложенной гипотезой о формировании золоторудных месторождений и их водных потоков рассеяния за счет гранитизации.

Таблица 2. *Корреляция между логарифмами разностей кларков содержаний элементов различных пород с гранитами (P) и среднего логарифмов содержаний водного потока рассеяния ($C_в$), Кировское месторождение*

Водные потоки рассеяния		Ультраосновные породы		Водные потоки рассеяния		Основные породы		Водные потоки рассеяния		Средние породы		Водные потоки рассеяния		Осадочные породы	
Элем.	lg C_{max}	Элем.	lg$P$	Элем.	lg C_{max}	Элем.	lg$P$	Элем.	lg C_{max}	Элем.	lg$P$	Элем.	lg C_{max}	Элем.	lg$P$
Совпадающие элементы															
Au	-1,20	Au	-3,30	Ag	-1,06	Ag	-1,30	Co	-1,36	Bi	0,07	As	0,43	As	0,70
Co	-1,36	Co	2,29	As	0,43	As	-0,30	Cr	-0,11	Co	0,19	Co	-1,36	Co	1,17
Cr	-0,11	Cr	3,24	Co	-1,36	Co	1,60	Cu	0,18	Cr	0,26	Cu	0,18	Cu	1,56
Mn	1,25	Mn	2,95	Cr	-0,11	Cr	3,24	Mn	1,25	Mn	0,28	Mn	1,25	Mn	1,84
Mo	-1,20	Mo	0,00	Cu	0,18	Cu	1,90	V	-0,32	V	0,57	Ni	-0,90	Ni	1,94
Ni	-0,90	Ni	3,29	Mn	1,25	Mn	3,14	Zn	-0,04	Zn	0,29	Sb	-0,30	Sb	0,24
				Mo	-1,20	Mo	-0,39	Zr	0,40	Zr	0,11	Sn	-1,08	Sn	0,84
				Ni	-0,90	Ni	2,18					Ti	1,14	Ti	3,75
				Ti	1,14	V	2,20					V	-0,32	V	1,95
				V	-0,32	Zn	1,84								
				Zn	-0,04	Ti	3,82								
Коэффициенты корреляции															
0,470				0,441				0,181				0,486			

Таким же образом проведена обработка материала по другим объектам. Результаты сведены в табл. 3.

Таблица 3. *Коэффициенты корреляции между логарифмами разностей кларков содержаний различных пород с кларками гранитов (P) и логарифмов максимальных нормированных содержаний элементов в водных потоках рассеяния (lg C_{max})*

ФТ	Месторождения	Породы				% совпадения элементов
		Ультраосновные	Основные	Средние	Осадочные	
	Кировское	0,589	0,730	0,411	0,566	87,5
Б	Ингаглинское	0,630	0,574	0,913	0,406	93,3
	уч. Северный	0,791	0,588	-0,228	0,342	80,0
	Сагурское	0,589	0,730	0,780	0,566	86,7
З	Харгинское	0,531	0,617	0,253	-0,304	100,0
	Унгличиканское	0,897	0,419	0,473	0,542	100,0
Ч	Тарнахское	0,627	0,588	0,688	0,533	80,0
	уч. Некля	0,616	0,719	0,674	0,701	80,0
	Золотая гора	0,782	0,797	0,929	0,736	73,0
	уч. Горациевский	0,358	0,470	0,958	0,663	73,0
П	Буриндинское	0,498	0,763	0,488	0,679	100

ФТ – формационный тип: Б – березитовая, З – апозеленосланцевая, Ч – апочерносланцевая, Д – диафторитовая, П – кварц-пропилитовая, ДЖ – джаспероидная

Данные табл. 3 полностью подтверждают предположение о тесной связи содержаний элементов в водных потоках рассеяния золоторудных месторождений с элементами, избыточными во вмещаюших породах по сравнению с гранитами, т.е. то, что элементы водного потока рассеяния извлекаются из вмещающих пород.

Сопоставление содержаний элементов, образующих положительные разности *P* содержаний между ультраосновными, основными, средними, осадочными породами, с одной стороны, и гранитами – с другой, а также рассмотрение в связи с этим минерального состава руд и условий залегания месторождений и водных потоков рассеяния показало следующее.

Рассмотренные месторождения Верхнего Приамурья (автором изучены практически все золоторудные месторождения и золотопроявления региона) залегают в геологических образованиях, в которых четко проявляется метасоматическая гранитизация. Этот процесс, очевидно, является основным «генератором» золоторудных месторождений в условиях данной области тектоно-магматической активизации.

Значения разности (*P*) прекрасно (как правило, на уровне коэффициента корреляции 0,6 и выше) коррелируют с рудными компонентами месторождений всех формаций и их водных потоков рассеяния. Особенно интересно, что такие элементы как марганец, ванадий, хром, циркон и титан повышенных концентраций в рудах не имеют, а в водных потоках рассеяния месторождений имеют такие же высокие контрастности, как и рудные элементы.

Это позволяет наметить следующую схему формирования золоторудных месторождений и их водных потоков рассеяния.

В процессе и после мобилизации элементы, имеющие повышенные содержания в породах, подвергнувшихся метасоматической гранитизации, и пониженные содержания в образовавшихся из них гранитах (элементы положительной разности *P*), находятся в поровых растворах в квазиравновесном состоянии. Часть их пребывает в поровом растворе, а часть отложена в виде равновесных с ними и легко переходящих в эти растворы минералах. Как только поровые растворы получают выход в гравитационные воды (трещины, по которым происходит гравитационная циркуляция), начинается выпадение на стенках этих трещин неравновесных с гравитационными водами минералов – кварца, сульфидов и сульфосолей свинца, серебра, цинка, меди, сурьмы, мышьяка, иногда висмута, олова, кадмия и др. В поровых водах на фронте выпадения этих минералов возникает понижение содержания. Возникает градиент концентраций, способствующий притоку новых порций вещества и растворению ранее равновесных минералов близ поверхностей пор. Процесс продолжается до достижения квазиравновесного состояния в тройной системе: руды – поровые растворы – гравитационные воды. Однако часть рудных элементов в некоторых соединениях, широко известных в поисковой гидрогеохимии, остается вблизи месторождения равновесной с грунтовыми водами в достаточно больших содержаниях. Эти соединения и дают водные потоки рассеяния.

Иначе ведут себя марганец, ванадий, хром, титан. Их соединения, как правило, равновесны с грунтовыми (гравитационными) водами в значительных содержаниях. Переходя в грунтовые воды из поровых растворов, они образуют водные потоки рассеяния и далее в разбавленном виде мигрируют в пониженные области, частично осаждаясь в неблагоприятных условиях. В частности, все воды первого водоносного горизонта в Амуро-Зейской депрессии высокожелезистые (до 10 г/л) и всегда содержат сотни мкг/л марганца и десятки мкг/л титана [31].

Имея в виду глобальность процесса гранитизации земли, следует предполагать, что образование большинства золоторудных месторождений земного шара происходит по тем же закономерностям, которые установлены для месторождений Амурской области.

Наличие гранитоидных тел, как уже указывалось, всегда являлось поисковым признаком для месторождений золота. Наши построения показывают, что наиболее благоприятные для поисков золота гранитоидные тела должны иметь признаки метасоматической гранитизации. Мобилизация элементов в поровых растворах и проникновение их во вмещающие породы распространяется, как минимум, на десятки км от центра гранитизации. Особенно далеко уходят кремний, железо и двухвалентная сера. Их выпадение может привести к формированию рудных месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрикола Г. О месторождениях и рудниках в старое и новое время. – М.: Недра, 1972. – 79 с.
2. Шестаков Б.И. Гидрогеохимия золоторудных месторождений Верхнего Приамурья. – Благовещенск: АМГУ, 2001. – 196 с.
3. Ромашкин А.И. Мигматиты в процессе гранитизации в метаморфических породах амурской серии (Буреинский массив). Вопросы магматизма и тектоники Дальнего Востока. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. – С. 108–204.
4. Ромашкин А.И. Минеральный состав, зональность и вопросы генезиса метасоматических пород в структурах фундамента Буреинского массива // Минералогия месторождений Дальнего Востока / Под ред. Г.М. Власова. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1988. – С. 100–110.
5. Рудник В.А. О генетическом разделении анатектоидных пород Буреинского хребта на Дальнем Востоке // Записки Всесоюзного минералогического общества. – 1961. – Ч. ХС. – Вып. 1. – С. 27–41.
6. Рудник В.А. Химизм гранитизации в пределах хребта Джагды-Тукурингра // Докембрий восточных районов СССР / Под ред. А.В. Сидоренко. – Л.: Недра, 1967. – Вып. 2. – С. 173–207.
7. Кинг Б.К. Природа и происхождение магматизма: метасоматоз или анатексис // Природа метаморфизма. – М.: Мир, 1967. – С. 227–242.
8. Коржинский Д.С. Гранитизация как магматическое замещение // Известия АН СССР. Сер. геологическая. – 1952. – № 2. – С. 56–69.
9. Ронов А.Б. Стратисфера или осадочная оболочка Земли. – М.: Наука, 1993. – 142 с.
10. Шахов Ф.Н. Магма и руды // Геология и геофизика. – 1966. – № 10. – С. 3–9.
11. Шахов Ф.Н. О происхождении гранитных магм и рудных месторождений // Магматизм и связь с ним полезных ископаемых. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 9–28.
12. Давыдченко А.Г. Гранитизация, магматизм, рудообразование. – М.: Недра, 1986. – 143 с.
13. Коробейников А.Ф. Условия концентрации золота в палеозойских орогенах. – Новосибирск, 1987. – 177 с.
14. Щербаков Ю.Г. Геохимия золоторудных месторождений в Кузнецком Алатау и Горном Алтае. – Новосибирск: Наука, 1974. – 280 с.
15. Белевцев Я.Н. Мобилизация рудогенных элементов из осадочных и метаморфических пород при метаморфизме и гранитизации // Проблемы осадочной геологии докембрия. – М.: Наука, 1975. – Вып. 4. – Кн. 1. – С. 92–187.
16. Беляев Г.М., Рудник В.А. Формационно-генетические типы гранитоидов. – Л.: Недра, 1978. – 168 с.
17. Коржинский Д.С. Очерк метасоматических процессов // Основные проблемы в учении о магматогенных месторождениях. – М.: Недра, 1953. – С. 332–452.
18. Менерт К. Мигматиты и происхождение гранитов. – М.: Мир, 1971. – 328 с.
19. Ашгирей Г.Д. К вопросу о догеосинклинальном (нуклеарном) этапе развития земной коры в архее // Проблемы геологии и полезных ископаемых на XXIV сессии Международного геологического конгресса. – М., 1974. – С. 182–187.
20. Овчинников А.М. Гидрогеохимия. – М.: Недра, 1970. – 200 с.
21. Поровые растворы горных пород как среда обитания микроорганизмов / П.А. Удодов, Е.С. Коробейникова, Н.М. Рассказов, Н.А. Трифонова, В.А. Шамолин, А.Д. Назаров. – Новосибирск: Наука, 1981. – 175 с.
22. Основы гидрогеологии. Гидрогеохимия // С.Л. Шварцев, Е.В. Пиннекер, А.И. Перельман и др. – Новосибирск: Наука, 1982. – 286 с.
23. Неронский Г.И. Генетические особенности золотой минерализации низких степеней метаморфизма (на примере Верхне-Селемджинского района). Золотая минерализация Верхнего и Среднего Приамурья. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. – С. 117–146.
24. Вернадский В.И. О капиллярной воде горных пород и минералов // Доклады АН СССР. – 1929. – № 15. – С. 369–373.
25. Вернадский В.И. Избранные сочинения. Т. IV. Кн. 2. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 650 с.
26. Эйриш Л.В. Купольные структуры золотоносных толщ бассейна р. Харги // Геология, геоморфология, полезные ископаемые Приамурья. – Л.: Недра, 1969. – Вып. 3. – С. 121–127.
27. Зубков В.Ф. Формации, тектоника Мамынского выступа и его обрамления. – Хабаровск: ДВИМС, 1985. – 25 с.
28. Майборода А.А. Госгеолкарта СССР м-ба 1:200.000. Лист N-52-XXIX. – М.: МинГео, 1970, 1983. – 88 с.
29. Злобин В.А. Состав и радиохимические особенности магматических пород Верхне-Селемджинского золотоносного района // Геология и геофизика. – 1997. – Т. 38. – № 11. – С. 1815–1819.
30. Виноградов А.П. Средние содержания в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 561–573.
31. Гидрогеология СССР. Т. 23. Хабаровский край и Амурская область / Под ред. А.В. Сидоренко. – М.: Недра, 1971. – 366 с.